

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Partikel Penyusun Udara

Udara merupakan gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap air ( $H_2O$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan temperatur (Fardiaz, 1992).

Prawiro (1988) menyatakan bahwa di alam, udara tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Ada komponen zat lain, gas, atau partikel yang mencampuri udara sehingga tidak murni lagi.

Udara bukan merupakan medium tempat mikrobia tumbuh, melainkan sebagai pembawa partikulat, debu dan tetesan cairan yang dapat dimuati oleh mikrobia (Volk dan Wheeler, 1989).

Menurut Alcamo (1983) partikel atau benda-benda kecil yang bertebaran di udara yang menyebabkan infeksi ada 2:

- (1) partikel cair (residu tetesan dahak yang telah diuapkan)
- (2) partikel padat/debu.

Partikel-partikel ini ada yang mengandung kehidupan seperti bakteri, jamur, spora, serbuk sari, serangga dan sebagainya. Setiap kegiatan manusia dalam ruangan hampir dipastikan menimbulkan mikrobia di udara baik berupa partikel cair maupun padatan

(Hawker dan Linton, 1979). Beberapa polutan udara dalam ruangan dan asal/sumber polutan dapat dilihat pada Tabel 01 berikut ini.

Tabel 01. Polutan Udara dalam Ruangan dan sumbernya.

Kontaminan :	Asal/sumber :
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO</li> <li>• NO</li> <li>• Formaldehid</li> <li>• Ozone</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> <li>• Total partikulat</li> <li>• Organisme viabel</li> </ul>	gas dan bahan bakar pembakaran gas sekat jendela, plastik, material dalam kantor mesin foto copy, vacuum cleaner hasil respirasi, asap, bahan bakar asap, kertas, debu lantai manusia, hewan, jamur, bakteri, kapang

Sumber : Kerrio (1996)

## B. Jenis Mikrobia Udara

Jenis algae uniseluler, kista protozoa, fragmen miselium, askuspora pada khamir, ragi jamur, bakteri dan kapang merupakan jenis mikrobia yang dapat ditemukan di udara dekat permukaan bumi (Hawker dan Linton, 1979). Spora atau konidia merupakan bagian terbesar dari mikrobia dan hampir selalu ditemukan di udara (Peczlar dan Chan, 1988).

Atlas dan Bartha (1993) melaporkan bahwa spora kapang yang biasa dijumpai dijumpai dalam suatu ruangan adalah dari jenis *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Alternaria* dan *Paecilomyces*. Kapang ini biasanya mengkontaminasi pada makanan dan material organik yang mudah dirombak seperti humus dan sampah organik. Umumnya kapang menempel pada partikel debu dan dengan jalur inhalasi maka dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan pada hewan dan manusia serta menimbulkan reaksi alergi (Gandjar dan Oetari, 1996).

### **C. Jumlah Mikrobial Udara**

Menurut Frobisher *et al.* (1976) menyatakan bahwa derajat kontaminasi dalam suatu volume udara akan bervariasi sesuai dengan lokasi, kondisi cuaca, luas ventilasi dan kepadatan serta tingkat aktivitas individu yang berada dalam ruangan.

Jumlah mikrobial udara terbanyak terdapat di daratan, yaitu kurang lebih 500 kaki dari permukaan bumi. Jumlah mikrobial udara menurun secara menyolok di atas permukaan laut dan jumlah ini akan semakin berkurang pada ketinggian di atas 500 kaki. Beberapa ada yang hidup sampai ketinggian 20.000 kaki di udara tetapi tidak bersifat patogen (Volk dan Wheeler, 1989).

Berat tetesan cairan dari tubuh juga dapat mempengaruhi jumlah mikrobial udara, terutama dari jenis bakteri. Tetesan cairan dengan ukuran kecil akan tersuspensi ke udara untuk periode waktu, sedang tetesan cairan yang lebih besar akan jatuh dengan cepat menjadi debu. Daerah yang berdebu hampir selalu mempunyai populasi mikrobial atmosfer yang tinggi (Powar dan Dagainawala, 1982). Kelembaban turut mempengaruhi jumlah mikrobial udara. Udara pada musim panas/kering membawa mikrobial lebih banyak daripada musim dingin/hujan (Pelczar dan Chan, 1988).

### **D. Mikrobial Penyebab Penyakit**

Beberapa mikrobial udara termasuk dalam golongan mikrobial yang patogen dan dapat menyebabkan penyakit pada manusia, terutama bila berada di ruangan yang

tidak bebas seperti perumahan penduduk, rumah sakit, gedung-gedung umum, pabrik dan perkantoran (Setyaningsih dkk, 1999).

Golongan ini terdiri atas berbagai jenis mikroorganisme patogen baik jamur (kapang), bakteri maupun virus. Penyakit yang disebabkan nya sering diklasifikasikan sebagai penyakit yang menyebar lewat udara ("airborne disease") seperti TBC, pneumonia, dipteri, mikosis (infeksi pernafasan akut yang disebabkan penghirupan sel-sel jamur yang telah disebarkan spora di udara atau kontaminan partikel debu di udara), alergi dan penyakit kulit (Jawetz *et al.*, 1986).

Mikosis dapat digolongkan sebagai mikosis yang superfisial, kutan, subkutan, sistemik dan oportunistik (Gandjar dan Oetari, 1996). Beberapa kapang penyebab mikosis diantaranya dapat dilihat pada Tabel 02 berikut ini:

Tabel 02. Kapang Penyebab Mikosis dan lokasi infeksi nya.

Penyakit	Infeksi pada :	Penyebab (jamur):
<b>I. Mikosis Sistemik:</b> - Candidiasis (Moniliasis)  - Coccidiomycosis - Histoplasmosis - Blastomycosis - Aspergillosis	Paru-paru, membran mukosa, kulit, saluran pencernaan (usus). Paru-paru Paru-paru Paru-paru Paru-paru	<i>Candida albicans</i>  <i>Coccidioides immitis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
<b>II. Mikosis dermatofita:</b> - Tinea pedis ("athlete's foot")  - Tinea cruris ("jock itch")  - Tinea nigra - Otomycosis	Daerah antara jari kaki  Lipat paha  Kulit luar Kulit, saluran telinga sebelah luar	<i>T. rubrum</i> , <i>T. mentagrophytes</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> . <i>T. rubrum</i> , <i>T. mentagrophytes</i> , <i>E. floccosum</i> . <i>Cladosporium werneckii</i> . <i>Scopulariopsis brevicaulis</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cephalosporium</i> , <i>Fusarium sp.</i>

Sumber: Jawetz, *et al.* (1986) dan Booth (1971)

### E. Morfologi dan Sifat Umum Kapang

Kapang menurut (Gandjar, 1996) adalah mikroorganisme eukariot yang heterotrof, sehingga untuk hidupnya memerlukan karbon organik dari substrat tempat menempel atau hidup, dengan ciri-ciri:

- mempunyai inti sel
- memproduksi spora
- tidak mempunyai klorofil sehingga tidak berfotosintesis
- selnya tidak mengalami differensiasi
- dapat berkembang biak secara seksual maupun aseksual
- beberapa mempunyai bagian-bagian tubuh berbentuk filamen dengan dinding sel yang mengandung selulosa atau khitin, atau keduanya.

Kapang dapat bersifat parasit atau saprofit. Sifat-sifat morfologis kapang ditentukan oleh bentuk dan struktur, berdasarkan kenampakan secara makroskopis dan mikroskopis. Sifat-sifat tersebut dapat dipergunakan untuk identifikasi dan klasifikasi kapang (Brock *et al.*, 1984 dan Fardiaz 1992).

Sifat-sifat morfologis kapang meliputi :

- bentuk hifa dan miselia
- struktur dan bagian yang bereproduksi

Kapang dapat tumbuh dari sebuah miselia, tetapi reproduksinya terutama oleh adanya spora yang bersifat aseksual, tetapi juga ada yang bersifat seksual. Spora aseksual dihasilkan kapang dalam jumlah banyak, kecil dan tahan terhadap kondisi kering. Spora aseksual dapat dibedakan atas 4 jenis yaitu konidia, arthrospora atau oidia,

sporangiospora dan khlamidospora. Sifat-sifat spora aseksual dapat dipergunakan untuk identifikasi. Spora seksual dapat dibedakan berdasarkan atas tempat pembentukan dan jenis produksinya (Kuswanto dan Sudarmaji, 1988).

Kapang tersusun dari filamen yang bercabang-cabang dari ujung ke ujung yang disebut hifa. Kumpulan hifa disebut miselium. Hifa dapat dibedakan atas 2 macam yaitu: (1) hifa vegetatif atau hifa tumbuh untuk mendapatkan makanan, dan (2) hifa fertil yang bertanggung jawab untuk pembentukan spora seksual/aseksual (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan struktur hifa, kapang dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu : (1) hifa tidak bersekat atau non-septat, (2) hifa bersekat atau berseptat dengan sel-sel uninukleat, yang membagi sekat menjadi banyak sel dengan masing-masing sel berisi nukleus tunggal dan (3) hifa berseptat dengan sel-sel multinukleat, yang membagi hifa menjadi sel-sel dengan lebih dari satu nukleus untuk setiap ruang (Pelczar and Chan, 1988).

## **F. Sifat-sifat Fisiologi Kapang**

Sifat-sifat fisiologis yang mempengaruhi pertumbuhan kapang ditentukan oleh:

### **1. Temperatur**

Menurut Fardiaz (1992) temperatur yang optimum untuk pertumbuhan, sifat kapang dapat dibedakan :

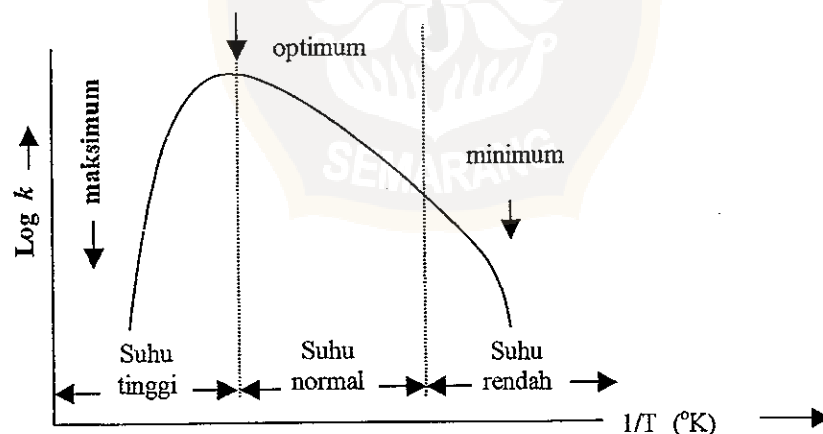
- *Psikrofil* tumbuh paling baik pada temperatur rendah, yaitu 15-20°C

- *Mesofil* tumbuh paling baik pada temperatur 30-37°C
- *Termofil* tumbuh paling baik pada temperatur 50-60°C

Temperatur antara 21-32°C sangat baik untuk pertumbuhan kapang, temperatur dibawah 4°C pertumbuhan berhenti, tetapi belum mati. Untuk temperatur dibawah 0°C masih dapat bertahan selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun. Sebaliknya pada temperatur 38-43°C pertumbuhan mulai menurun. Pada temperatur 60°C mulai mati, sedang pada temperatur 70°C beberapa kapang masih dapat bertahan.

Kapang pada umumnya membutuhkan temperatur 20-30°C untuk pertumbuhan dan pembentukan spora (Wibowo dan Ristanto, 1988).

Hubungan antara temperatur dengan laju pertumbuhan untuk kapang dapat dilihat pada bagan Arrhenius berikut (Gambar 1) :



Gambar 1. Pengaruh temperatur terhadap pertumbuhan kapang (Jawetz *et al.*, 1986).

## 2. Kebutuhan sel akan air

Secara umum kapang membutuhkan air lebih sedikit dibandingkan dengan bakteri dan khamir. Kapang akan tumbuh baik pada kelembaban 70-90% pada daerah tropis. Untuk pertumbuhan dan pembentukan spora, kapang membutuhkan kelembaban udara sekitar 65%. Pada kelembaban 12-15% masih dapat tahan, sedang pada kelembaban kurang dari 8%, kapang tidak dapat tumbuh (Kuswanto dan Sudarmadji, 1988).

## 3. Kebutuhan terhadap O<sub>2</sub> dan pH

Kapang bersifat aerobik yaitu selalu membutuhkan O<sub>2</sub> untuk pertumbuhan dan mempunyai interval pH sekitar 2.0 – 8.5 (Kuswanto dan Sudarmadji, 1988).

## 4. Kebutuhan terhadap nutrien

Secara umum kapang dapat mempergunakan jenis makanan mulai dari sederhana sampai dalam bentuk kompleks. Nutrien yang dipergunakan untuk pertumbuhan harus mengandung donor hidrogen dan penerima hidrogen, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, serta faktor-faktor pertumbuhan seperti asam amino, purin dan pirimidin (Jawetz *et al.*, 1986). Sebagian besar kapang bersifat hidrolitik, dapat menghasilkan enzim amilase, pektinase, proteinase dan lipase.

## 5. Cahaya

Beberapa kapang ada yang tumbuh baik pada keadaan cahaya yang kurang. Untuk berkembang biak kapang membutuhkan gelombang tertentu dari sinar matahari. Sinar ultraviolet dapat menghentikan pertumbuhan beberapa jenis kapang bahkan mematikan, sebaliknya pada dosis tertentu untuk beberapa kapang merupakan



rangsangan untuk tumbuh. Spora kapang terhadap sinar ultraviolet lebih tahan dari spora bakteri (Wibowo dan Ristanto, 1988).

#### 6. Komponen Penghambat

Komponen penghambat yang dapat menghambat organisme lain disebut antibiotik misalnya penisilin yang diproduksi oleh *P. chrysogenum* dan calvasin yang diproduksi oleh *A. clavatus*. Disamping itu, beberapa komponen lain bersifat mikostatik atau fungistatik, yaitu menghambat pertumbuhan kapang, misalnya asam sorbat, propionat dan asetat atau bersifat fungisidal yaitu membunuh kapang (Fardiaz, 1992).

#### G. Kapang Penghasil Toksin (Mikotoksin)

Kapang melakukan metabolisme dan menghasilkan metabolit sebagai hasil akhir. Hasil metabolit ada yang berguna dan dapat dimanfaatkan oleh manusia dan ada yang merugikan. Mikotoksin merupakan toksin hasil dari metabolisme sekunder kapang yang dapat menyebabkan perubahan fisiologis abnormal atau pathofisiologi pada manusia dan hewan. Beberapa kapang yang menghasilkan mikotoksin antara lain adalah *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Trichoderma* dan lain-lain (Samson *et al.*, 1995).

Aflatoksin merupakan salah satu jenis mikotoksin yang dapat menyebabkan hepatokarsinogenik golongan pertama, sedang sterigmatosistin mempunyai aktivitas lebih rendah dari aflaktoksin merupakan golongan kedua dan golongan ketiga adalah luteoskyrin, sikloklorotin (hampir sama dengan islanditoksin) dan rugulosin (Kuswanto dan Sudarmadji 1988).

Tabel 03. Jenis toksin dan kapang penghasilnya (Donatus dan Makfoeld, 1990)

Jenis toksin	Kapang Penghasil
- Aflaktoksin	<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. oryzae</i> ., <i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>Rhizopus sp.</i>
- Luteoskyrin dan cyclochlorotine	<i>P. islandicum</i> , <i>P. funiculusum</i> .
- Citrinin	<i>P. citrinum</i> , <i>P. notatum</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. flavipes</i> .
- Rugulosin	<i>P. rugulosum</i>
- Patulin dan asam penisilat	<i>P. patulum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. giganteus</i> , <i>A. terreus</i> .
- Ochratoxin	<i>A. ochraceus</i>

## H. Klasifikasi dan Identifikasi Kapang

Kapang menurut Alexopoulos *et al.* (1997) digolongkan dalam dunia Fungi dan termasuk dalam divisi Thallophyta. Termasuk Eumycetes atau fungi sejati yang terdiri dari 4 klasis, yaitu Phycomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes dan Deuteromycetes (fungi imperfecti). Klasifikasi kapang menurut Fardiaz (1992):

### I. Kapang non-septat (subdivisi Zygomycotina)

#### A. Kelas Oomycetes (spora seksual = oospora)

#### B. Kelas Zygomycetes (spora seksual = zygospora)

##### (1) Ordo Mucorales

Jenis : *Mucor*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Thamnidia*

### II. Kapang septat

#### A. Kelas Imperfecti (spora aseksual)

##### (1) Ordo Moniliales

##### a. Familia : Moniliaceae

Jenis: *Aspergillus*, *Neurospora*, *Penicillium*,  
*Trichothecium*, *Botrytis*, *Trichoderma*

b. Familia : Dematiaceae

Jenis: *Cladosporium*, *Alternaria*, *Curvularia*,  
*Helminthosporium*

c. Familia : Tuberculariaceae

Jenis : *Fusarium*

2. Ordo Melanconiales

3. Ordo Sphaeropsidales

B. Kelas Ascomycetes (spora seksual = askospora)

Jenis : *Monascus*, *Endomyces*, *Eurotium* (tahap seksual dari *Aspergillus*)

Sifat-sifat yang digunakan untuk identifikasi menurut Kuswanto dan Sudarmadji (1988) secara morfologi mikroskopik adalah:

- Hifa septat atau non-septat
- Miselium terang atau keruh
- Miselium berwarna atau tidak berwarna
- Memproduksi atau tidak memproduksi spora seksual dan jenisnya yaitu oospora, zigospora atau askuspora.
- Jenis spora aseksual : sporangiospora, konidia, atau arthrospora (oidia).
- Ciri-ciri kepala pembawa spora:
  - a. sporangium : ukuran, warna, bentuk, lokasi

- b. kepala spora pembawa konidia: tunggal, berantai, pertunasan atau kumpulan (massa), bentuk dan rangkaian sterigma atau fialid.
- Penampakan sporangiospora atau konidiofora: sederhana atau bercabang, jika bercabang bentuk percabangannya, ukuran dan bentuk kolumela pada ujung sporangiospora, konidiofora tunggal atau menggerombol.
  - Penampakan mikroskopik spora aseksual terutama, konidia; bentuk, ukuran, warna, halus atau kasar, satu, dua atau banyak sel.
  - Adanya struktur atau spora spesifik: stolon, rhizoid, “foot cell” (sel kaki), apofisis, khlamidospora, sklerotia dan sebagainya.

